

УДК 67.017:620.18:621.785

Т. О. Макруха, О. М. Дубовий, д-р. техн. наук, проф.

Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, Україна

ВПЛИВ ДЕФОРМАЦІЇ ТА ПЕРЕДРЕКРИСТАЛІЗАЦІЙНОЇ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОКИ НА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СТАЛЕЙ Ст3 ТА X12

О. Duboviy, Dr., Prof., T. Makruha

INFLUENCE OF DEFORMATION AND PRE-RECRYSTALLIZATION HEAT TREATMENT ON MECHANICAL PROPERTIES OF St3 AND Cr12 STEELS

Наноструктурування сталей із застосуванням передрекристиалізаційної термічної обробки (ПТО) забезпечує суттєве підвищення фізико-механічних властивостей за рахунок формування нанорозмірної субструктури, але запропонована обробка [1] має недолік – короткочасну витримку (до 5 хв), що обмежує її застосування – тільки для деталей малого розміру. В роботі [1] встановлено можливість термічної стабілізації полігонізаційної субструктури в процесі ПТО технічно чистих заліза і нікелю впродовж 20...70 хв. і 10...60 хв. відповідно, яка полягає у проведенні холодної динамічної (30%) та наступної статичної деформації (30%) й ПТО з витримкою до 60 хв., при цьому твердість дещо зменшується, але залишається вищою порівняно зі станом після деформації на 14 і 27% відповідно.

Для дослідження впливу комбінованого деформування на тимчасовий опір руйнування, відносно звуження та відносно подовження обрано сталі Ст3 та X12. Для відпалених зразків проводили комбіновану деформацію (динамічна деформація на 30% з наступною статичною деформацією на 30 %) та ПТО при температурі 500 °С.

Для визначення механічних властивостей зразки піддали розтягуванню під дією плавно зростаючого зусилля до руйнування (ГОСТ 1497-84), результати обчислювання наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Значення тимчасового опору руйнування та показників пластичності сталі Ст3 в залежності від виду деформації та термообробки

Матеріал	Вид обробки	σ_B , МПа	δ , %	Ψ , %
Ст3	Комбінована деформація	310	1,05	74
	Комбінована деформація з наступною ПТО протягом 2 хв	586	5,26	75
	Комбінована деформація з наступною ПТО протягом 60 хв	402	7,5	59
X12	Комбінована деформація	1007	2,25	37
	Комбінована деформація з наступною ПТО протягом 2 хв	1567	2,3	40,44
	Комбінована деформація з наступною ПТО протягом 60 хв	1435	2,55	33

Наведені дані в табл. 1 свідчать, що тимчасовий опір руйнування після комбінованого деформування з наступною ПТО протягом 60 хвилин дещо зменшується відносно комбінованого деформування з короткочасною витримкою, але залишаються значно вищими, ніж після деформування, при цьому значення відносного подовження збільшуються.

Оскільки, в процесі дослідження була встановлена зміна значень механічних властивостей сталей, тому науковий і практичний інтерес представляє зміна субструктури, яка призвела до змін властивостей: середній розмір субзерна та кількість наноструктурних елементів.

За допомогою електронного мікроскопа SUPRA55VP отримані фотографії субструктури зразків сталі Ст3, які наведено на рис. 1.

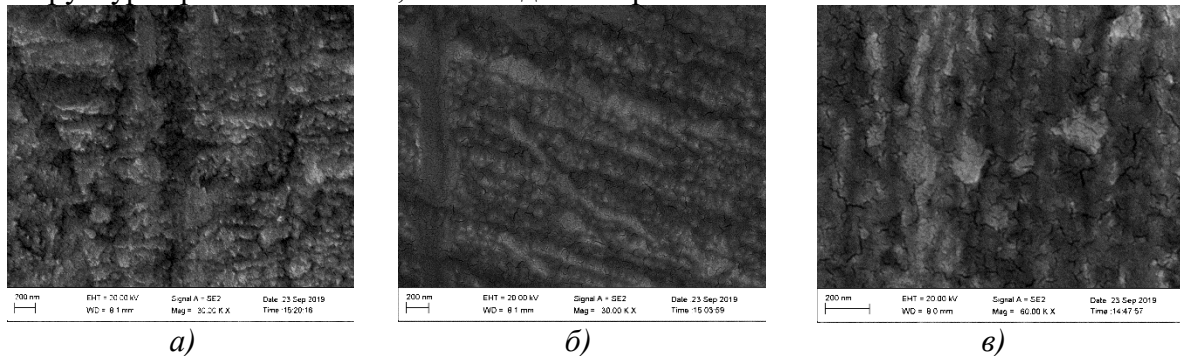


Рис. 1. Мікроструктури сталі Ст3: а) після комбінованої деформації; б) після комбінованої деформації та термічної обробки, яка забезпечує максимальні значення тимчасового опору руйнуванню; в) після комбінованої деформації та термічної обробки, яка забезпечує термічну стабілізацію полігонізаційної субструктури

З рис. 1 видно, що відбувається здрібнення субструктурних елементів після ПТО відносно деформованого стану, що підтверджують дані визначення середнього розміру субзерна з фактором форми $\sim 0,42$ та відносну кількість нанорозмірних субзерен (табл. 2), які отримали методом комп'ютерної металографії за допомогою програмного забезпечення *ImageProPlus*. Середній діаметр субзерна виміряні з інтервалом 2 градуси і проходять через центроїд об'єкта.

Таблиця 2. Значення середнього розміру субзерна та кількості нанорозмірних елементів сталі Ст3 в залежності від виду деформації та термообробки

Вид обробки	Середній розмір субзерна, нм	Кількість нанорозмірних субзерен, %
Комбінована деформація	94	55
Комбінована деформація з наступною ПТО, яка забезпечує максимум твердості	89	66
Комбінована деформація з наступною ПТО протягом 60 хв	92	62

Із наведених даних в табл. 2 випливає, що відбувається зменшення величини субзерен після ПТО відносно деформованого стану.

Таким чином, досліджено можливість підвищення тимчасового опору руйнування та відносного подовження шляхом комбінованого деформування з наступною ПТО. Встановлено, що найбільшої кількості субзерен (66 %) з діаметром ≤ 100 нм у сталі Ст3 можна досягти, застосовуючи комбінування динамічної на 30 % та статичної на 30 % деформацій з наступною ПТО при температурі 500 °C з витримкою до 60 хв.

Література

- Дубовий, О. М. Вплив комбінованого деформування на термічну стабільність полігонізаційної субструктури заліза, нікелю й сталей 20; 45 / О. М. Дубовий, Лю Шен, Т. О. Макруха // Зб. наук.праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2017. - № 1. – С. 39-47.